黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭免疫性能、抗氧化性能以及肠道形态的影响

赵文文[1,2] 袁文华[1,2] 沈军达[2] 袁慧坤[1] 王 源[1] 李国勤[2,3] 卢立志[2,3*] 刁新平[1*]

（1.东北农业大学动物科学技术学院，哈尔滨 150030；2.浙江省农业科学院畜牧兽医研究所，杭州 310000；3.农业部农产品信息溯源重点实验室，杭州 310021）

摘 要：本试验旨在研究饲粮中添加黄芪多糖、丁酸梭菌及其复合剂对蛋雏鸭免疫性能、抗氧化性能以及肠道形态的影响。选取 1 日龄健康绍兴公鸭 600 只，随机分为 5 组，每组 6 个重复，每个重复 20 只鸭。I组（对照组）饲喂基础饲粮，II～V组分别在基础饲粮的基础上添加 40 mg/kg 的杆菌肽锌（抗生素组）、800 mg/kg 的黄芪多糖、250 mg/kg 的丁酸梭菌以及 800 mg/kg 的黄芪多糖+250 mg/kg 的丁酸梭菌的复合剂。试验期为 28 d。结果表明：1)V组的血清免疫球蛋白 A（IgA）含量显著高于Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅳ组（P<0.05），V组血清免疫球蛋白 G（IgG）及补体 3（C3）、补体 4（C4）的含量高于其他各组（P>0.05）。2)Ⅴ组的胸腺指数和脾脏指数均显著高于I组和II组（P<0.05），V组的法氏囊指数与其他各组差异不显著（P>0.05）。3)III组、Ⅳ组、V组血清和肝脏中的总抗氧化能力（T-AOC）显著高于Ⅰ组（P<0.05），血清和肝脏中的总超氧化物歧化酶（T-SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性均显著高于I组和II组（P<0.05），Ⅳ组血清和肝脏中的丙二醛（MDA）含量显著低于Ⅰ组（P<0.05）。4)Ⅴ组的十二指肠、空肠和回肠的隐窝深度显著低于Ⅰ组和Ⅱ组（P<0.05），Ⅴ组的空肠和回肠的绒毛高度/隐窝深度值显著高于Ⅰ组和Ⅱ组（P<0.05）。由此可见，饲粮中添加黄芪多糖和丁酸梭菌复合剂比单独添加黄芪多糖或丁酸梭菌更能更好地提高蛋雏鸭的免疫性能、抗氧化性能，改善肠道绒毛形态。

收稿日期：2018-03-31
基金项目：国家水禽产业技术体系杭州实验站项目（CARS-42-39）；浙江省农业（畜禽）新品种选育重大科技专项（2016C02054-12）
作者简介：赵文文（1992-），女，河南周口人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail: zww0925wen@126.com
*通信作者：卢立志，研究员，硕士生导师，E-mail: lulizhibox@163.com；刁新平，副教授，硕士生导师，E-mail: diaoxp63@163.com

关键词：黄芪多糖；丁酸梭菌；免疫；抗氧化性能；肠道形态

中图分类号：S834

抗生素和防病促生长的化学药物作为饲料添加剂在畜禽生产中得到了广泛的使用，虽然抗生素的使用可以增强畜禽的生长能力、对畜禽的疫病方面的防控和治疗都起到了一定的促进作用，但是抗生素的大量使用会造成畜禽体内细菌的耐药性增强、畜产品中抗生素的残余量增大,从而破坏肠道内的微生物平衡[1-2]，另外还会造成耐药菌的扩散、超级细菌的产生等[3]，这些都直接或间接危害到了人类的健康。黄芪多糖(*Astragalus polysaccharides*，APS)是中药黄芪的主要成分之一，柳志余[4]研究表明，黄芪多糖具有调节机体免疫功能的作用。Chen等[5]研究证实，黄芪多糖不仅能提高动物生长性能，还能增强机体免疫力。肖娅楠[6]试验表明，饲粮中添加黄芪多糖可促进肉鸡生长，提高免疫器官指数。微生态制剂是一种能调整并维持畜禽肠道菌群平衡的、促进生长发育增强机体免疫力的、新型的绿色无公害添加剂[7]。有研究表明，适当浓度的黄芪提取液对益生菌能起到一定的促生长作用[8]。岑路等[9]研究表明，益生菌和黄芪多糖有很明显的协同作用。本试验在饲粮中添加黄芪多糖、丁酸梭菌(*Clostridium butyricum*)及其复合剂，旨在探讨其单独添加与复合添加对蛋雏鸭免疫性能、抗氧化性能和肠道形态的影响，为其在蛋鸭养殖中的应用提供参考。

1　材料与方法

1.1　试验材料

黄芪多糖和杆菌肽锌(*Bacitracin* zinc)由西安泽邦生物科技有限公司提供（黄芪多糖纯度为60%，杆菌肽锌纯度为10%），丁酸梭菌由湖北绿雪生物科技有限公司提供（活菌数量≥2×10^8 CFU/g）。

1.2　试验设计与基础饲粮

试验选取1日龄健康、体重相近的蛋雏公鸭600只，随机分成5组，每组5个重复，每个重复20只鸭。蛋鸭基础饲粮参照NRC(1998)营养标准和台湾畜牧学会（1993）标准中产

蛋鸭需要量配制。基础饲粮组成及营养水平见表 1。I组为对照组，饲喂基础饲粮；II组（抗生素组）在基础饲粮的基础上添加 40 mg/kg 的杆菌肽锌，III组在基础饲粮基础上添加 800 mg/kg 的黄芪多糖，Ⅳ组在基础饲粮的基础上添加 250 mg/kg 的丁酸梭菌，V组在基础饲粮的基础上添加 800 mg/kg 的黄芪多糖+250 mg/kg 的丁酸梭菌。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	60.87
豆粕 Soybean meal	32.35
小麦麸 Wheat bran	3.00
石粉 Limestone	1.24
食盐 NaCl	0.26
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.60
微量元素预混料 Microelement premix[1)]	0.20
维生素预混料 Vitamin premix[1)]	0.03
氯化胆碱 Choline chloride	0.10
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.15
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCl	0.20
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.86
粗蛋白质 CP	20.07

钙 Ca	1.04
总磷 TP	0.75
蛋氨酸 Met	0.46
赖氨酸 Lys	1.10

1)微量元素预混料和维生素预混料为每千克饲粮提供 The microelement premix and vitamin premix provided the following per kg of diets：VA 4 000 IU，VB_1 3.5mg，VB_2 5.5 mg，吡哆醇 pyridoxol 2.5 mg，VB_{12} 0.01 mg，VD_3 1 500 IU，VK_2 2 mg，生物素 biotin 0.10 mg，叶酸 folic acid 1.0 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 10 mg，烟酸 nicotinic acid 50 mg，Cu 10 mg，Fe 80 mg，Mn 60 mg，Zn 60 mg，I 0.40 mg，Se 0.20 mg。

2)代谢能为计算值，其余为实测值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 饲养管理

试验在浙江省绍兴市王府井镇国伟禽业有限公司养殖基地进行，饲养期为 28 d。试验鸭在网上散养，自由采食和饮水，第 1 周饮用温开水，第 2 周开始饮用室温下放置 4~5 h 的冷水，一定要保证水的充足清洁。试验期内的光照制度为自然光照与人工光照相结合，育雏期第 1 周光照时间为 24 h；第 2 周至第 3 周的光照时间逐渐过渡到 16 h；从第 4 周开始为自然光照。使用自动控温仪设备控制舍内的温度。保证每天洗刷水槽、料槽和粪板 1 次，搞好鸭舍环境卫生，避免惊吓和干扰，每日仔细观察试验鸭的精神状况，观察采食饮水和粪便是否有异常、是否有病死鸭等。按常规方法和程序进行饲养和免疫。

1.4 样品的采集和处理

在试验的第 28 天从每个重复中随机抽取接近平均体重的蛋雏鸭 2 只进行称重并记录，然后进行颈静脉采血，3 500 r/min 离心 15 min 分离血清分装于 EP 管中，-20 ℃保存备用。采血后将鸭全部放血处死，摘取肝脏（不包括胆囊）封袋，-20 ℃冰柜中保存备用；摘取免疫器官（脾脏、胸腺、法氏囊），去除结缔组织和脂肪，用电子分析天平称重并记录；取十二指肠、空肠、回肠中央位置组织各 2 cm 左右，在生理盐水内清洗后置于中性缓冲福尔马

林(pH 7.4)溶液中固定，用于苏木精-伊红（HE）染色。试验所需所有工具都经高压灭菌处理，并用 75%酒精擦拭桌面以去除环境样品微生物污染。

1.5　测定指标以及方法

1.5.1　血清免疫指标

用比色法测定血清中的免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 G（IgG）、免疫球蛋白 M（IgM）和补体 3（C3）、补体 4（C4）含量，采用 A6 半自动生化仪进行测定，试剂盒由北京华英生物技术有限公司提供。

1.5.2　免疫器官指数的测定

免疫器官（胸腺、脾脏、法氏囊）指数（g/kg）=免疫器官鲜重/宰前空腹活重。

1.5.3　血清和肝脏的抗氧化指标

参照试剂盒说明书测定血清和肝脏中的总抗氧化能力（T-AOC）、丙二醛（MDA）含量及谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）、总超氧化物歧化酶（T-SOD）活性，采用 A6 半自动生化仪进行测定，试剂盒由北京华英生物技术有限公司提供。

1.5.4　肠道形态的测定

将固定好的十二指肠、空肠、回肠各段组织经脱水、透明、浸蜡、包埋、修块、切片、展片、粘片及 HE 染色，封固后每组内每张切片挑选 40 倍视野进行拍照，测定绒毛高度（VH）、隐窝深度（CD），计算绒毛高度/隐窝深度（VH/CD）值。

1.6　数据统计分析

试验数据经 Excel 2007 进行初步的处理，用 SPSS 22.0 软件对数据进行方差分析，采用 Duncan 氏法进行多重比较检验。结果用“平均值±标准误”表示，$P<0.05$ 为差异显著。

2　结　果

2.1　黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭血清免疫指标的影响

如表 2 所示，III组、V组的血清 IgA 含量与I组、II组、IV组之间差异显著（$P<0.05$），

III组和V组的血清 IgA 含量相对于I组、II组、IV组分别提高了 9.55%、7.92%、6.86%和 13.07%、11.39%、10.29%；V组血清 IgM 含量相对于II组提高了 32.14%（P<0.05）；V组血清 IgG、C3 和 C4 的含量都高于其他各组，但差异不显著（P>0.05）。

表 2　黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭血清免疫指标的影响

Table 2　Effects of APS and C*lostridium butyrate* on serum immune indexes of egg ducklings

g/L

项目 Items	组别 Groups					*P* 值 *P*-value
	I	II	III	IV	V	
免疫球蛋白 A IgA	1.99±0.02[b]	2.02±0.04[b]	2.18±0.07[a]	2.04±0.04[b]	2.25±0.06[a]	0.002
免疫球蛋白 G IgG	3.89±0.04	3.90±0.05	4.06±0.13	3.96±0.09	4.16±0.12	0.229
免疫球蛋白 M IgM	0.87±0.08[ab]	0.84±0.05[b]	0.99±0.11[ab]	0.95±0.08[ab]	1.11±0.08[a]	0.196
补体 3 C3	0.39±0.10	0.26±0.03	0.60±0.20	0.49±0.15	0.71±0.22	0.314
补体 4 C4	0.19±0.04	0.21±0.04	0.22±0.05	0.26±0.04	0.27±0.10	0.866

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），相同或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2　黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭免疫器官指数的影响

如表 3 所示，V组的胸腺指数相较于I组、II组、III组、IV组分别提高了 45.32%、27.59%、25.59%、22.70%（$P<0.05$），IV组相较于I组也提高了 18.43%（$P<0.05$），而I组与II组、III组之间差异不显著（$P>0.05$）；IV组、V组的脾脏指数相较于I组、II组分别提高了 20.41%、19.19%和 11.22%和 10.10%（$P<0.05$）；V组的法氏囊指数明显高于其他各组，但差异不显著（$P>0.05$）。

表 3　黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭免疫器官指数的影响

Table 3　Effects of APS and *Clostridium butyrate* on immune organ indexes of egg ducklings

g/kg

项目 Items	组别 Groups I	II	III	IV	V	P 值 P-value
胸腺指数 Thymus index	$3.31±0.23^{c}$	$3.77±0.11^{bc}$	$3.83±0.20^{bc}$	$3.92±0.19^{b}$	$4.81±0.24^{a}$	0.001
脾脏指数 Spleen index	$0.98±0.04^{b}$	$0.99±0.05^{b}$	$1.06±0.06^{ab}$	$1.18±0.08^{a}$	$1.09±0.07^{a}$	0.026
法氏囊指数	0.83±0.09	0.98±0.07	1.00±0.11	0.98±0.06	1.06±0.06	0.374

Bursa of

Fabricius

index

2.3 黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭血清和肝脏抗氧化指标的影响

如表 4 所示,在第 28 天，血清抗氧化指标方面，III组、IV组、V组的 T-AOC 分别较I组提高了 50.17%、47.67%、90.03%（P<0.05），V组较II组提高了 68.48%（P<0.05）；IV组的 MDA 含量较I组降低了 43.71%（P<0.05）；V组的 GSH-Px 含量相较于I组、II组、III组、IV组分别提高了 80.53%、60.08%、25.97%、29.70%（P<0.05）；V组的 T-SOD 含量分别较I组、II组、III组、IV组分别提高了 67.48%、63.14%、21.69%、26.48%（P<0.05）。

肝脏抗氧化指标方面：V组 T-AOC 相较于I组、II组、III组、IV组分别提高了 90.00%（P<0.05）、68.89%（P<0.05）、26.67%（P>0.05）、27.73%（P>0.05）；而II组、III组和IV组之间的差异不显著（P>0.05）；IV组 MDA 含量相对于I组下降了 43.66%（P<0.05），而II组、IV组、V组之间差异不显著（P>0.05）；III组、IV组、V组 GSH-Px 含量相较于I组、II组分别提高了 54.48%、51.69%、59.62%和 46.72%、44.07%、51.60%（P<0.05），而IV组与III组和V组之间、II组与I组之间差异不显著（P>0.05）；III组、IV组、V组 T-SOD 含量相较于I组、II组分别提高了 74.34%、89.95%、90.26%和 45.17%、58.17%、58.43%（P<0.05），而III组与IV组与V组之间、II组与I组之间差异不显著（P>0.05）。

表 4 黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭血清和肝脏抗氧化指标的影响

Table 4 Effects of APS and *Clostridium butyrate* on serum and liver antioxidant indexes of egg ducklings

项目 Items		组别 Groups					*P* 值 *P*-value
		I	II	III	IV	V	
血清 Serum	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	6.02±0.17[c]	6.79±0.45[bc]	9.04±1.82[ab]	8.89±0.34[ab]	11.44±0.77[a]	0.003
	丙二醛 MDA/(nmol/mL)	5.33±1.02[a]	3.91±0.41[ab]	3.58±0.90[ab]	3.00±0.30[b]	3.35±0.20[ab]	0.144
	谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	447.64±12.01[c]	504.84±7.29[c]	641.51±13.88[b]	623.08±10.04[b]	808.13±41.19[a]	0.001
	总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	49.94±1.88[c]	51.27±3.20[c]	68.73±2.44[b]	66.13±3.32[b]	83.64±4.31[a]	0.001
肝脏 Liver	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	0.80±0.02[c]	0.90±0.06[bc]	1.20±0.24[ab]	1.19±0.05[ab]	1.52±0.10[a]	0.003
	丙二醛 MDA/(nmol/mg prot)	0.71±0.14[a]	0.52±0.05[ab]	0.48±0.12[ab]	0.40±0.04[b]	0.45±0.03[ab]	0.144
	谷胱甘肽过氧化物酶	6.81±0.05[b]	7.17±0.06[b]	10.52±0.67[a]	10.33±0.11[a]	10.87±0.21[a]	0.009

GSH-Px/(U/mg prot)						
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg prot)	6.47±0.54[b]	7.77±1.57[b]	11.28±1.07[a]	12.29±0.52[a]	12.31±1.06[a]	0.001

2.4 黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭肠道形态的影响

如表 5 所示，I组十二指肠、空肠、回肠的绒毛高度与其他各组之间差异不显著（*P*>0.05）。V组十二指肠的隐窝深度相较于I组、II组、IV组分别降低了 11.04%、10.48%、9.96%（*P*<0.05）；IV组、V组空肠的隐窝深度相较于I组分别降低了 21.10%、28.06%（*P*<0.05）；III组、IV组、V组回肠的隐窝深度相较I组、II组分别降低了 48.29%、14.56%、47.68%和 31.84%、34.37%、33.60%（*P*<0.05），III组、IV组、V组之间差异不显著（*P*>0.05）。各组之间十二指肠的绒毛高度/隐窝深度值差异不显著（*P*>0.05），V组空肠的绒毛高度/隐窝深度值相较I组、II组分别提高了 44.31%和 40.00%（*P*<0.05），V组、IV组、III组与I组、II组之间回肠的绒毛高度/隐窝深度值差异显著（*P*<0.05）。

表 5 黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭肠道形态的影响

Table 5 Effects of APS and *Clostridium butyrate* on intestinal morphology of egg ducklings

项目 Items		组别 Groups					*P* 值 *P*-value
		I	II	III	IV	V	
绒毛高度 Villous height/μm	十 二 指 肠 Duodenum	619.99±32.19	624.16±14.18	631.68±37.60	655.51±38.20	644.62±33.60	0.932

	空肠 Jejunum	608.13±68.94	593.80±31.87	634.63±36.74	568.10±46.68	640.05±46.76	0.818
	回肠 Ileum	454.36±32.91	454.33±57.74	495.64±34.49	469.37±33.81	505.96±28.51	0.825
隐窝深度 Crypt depth/μm	十二指肠 Duodenum	126.59±3.54[a]	125.80±4.41[ab]	114.17±3.48[bc]	125.08±4.87[ab]	112.62±2.35[c]	0.030
	空肠 Jejunum	146.46±14.98[a]	137.00±5.61[ab]	127.18±5.17[ab]	115.56±5.34[bc]	105.37±3.84[c]	0.011
	回肠 Ileum	164.33±11.67[a]	129.48±11.46[b]	85.98±1.47[c]	88.26±2.18[c]	84.98±5.15[c]	0.009
绒毛高度/隐窝深度 V/C	十二指肠 Duodenum	4.90±0.23	5.00±0.27	5.54±0.32	5.33±0.49	5.72±0.29	0.381
	空肠 Jejunum	4.22±0.41[b]	4.35±0.21[b]	5.07±0.46[ab]	4.98±0.48[ab]	6.09±0.43[a]	0.025
	回肠 Ileum	2.82±0.25[b]	3.57±0.43[b]	5.88±0.43[a]	5.31±0.33[a]	5.89±0.32[a]	0.009

3 讨 论

3.1 黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭血清免疫指标的影响

畜禽的免疫功能主要是通过免疫因子（免疫球蛋白、细胞因子、补体）来识别和排除抗原性异物，从而保护机体内外的生理平衡。IgA、IgG、IgM 是家禽体内重要的 3 种免疫球蛋白，而免疫球蛋白的含量也是衡量动物机体免疫机能的重要指标[10]，血清中 C3、C4 的含量变化是评估免疫功能好坏、疾病变化和治疗效果的重要指标。Lin 等[11]研究发现，黄芪多糖可促进树突状细胞的成熟；王海凤等[12]研究发现，饲粮中添加适宜浓度的黄芪多糖可以提高

机体 IgA、IgG、IgM 的含量，从而增强了畜禽的免疫力；Yang 等[13]研究发现，丁酸梭菌能够提高肉鸡血清 IgA、IgG、IgM 的含量；郑有秀等[14]研究发现，饲粮中添加丁酸梭菌可以提高断奶仔猪的血清 IgA、IgG 含量；邹知明等[15]研究表明，黄芪多糖和益生菌互作可以显著促进肠道 IgA 的分泌；黄克宏等[16]研究表明，苏氨酸与黄芪多糖、益生菌在调节机体免疫方面具有显著的协同效应。本试验结果表明，在试验第 28 天，Ⅴ组（复合剂组）的血清 IgA 含量显著高于其他各组，血清 IgM、IgG、C3、C4 含量与其他各组虽差异不显著，但均有明显提高的趋势，这是因为丁酸梭菌和黄芪多糖的互作更好地促进了肠道对黄芪多糖的吸收，使其免疫指标的含量在一定程度上升高，共同提高了机体的免疫性能。

3.2　黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭免疫器官指数的影响

动物自身免疫细胞生长发育和分裂增殖可导致免疫器官的重量增加，进而提高机体的免疫功能。王虹玲等[17]在试验中用免疫器官指数作为雏鸡免疫功能强弱的重要指标。免疫器官指数可以反映出机体的免疫性能的高低[18]。许多研究表明，黄芪多糖可以促进机体免疫器官发育，显著提高免疫器官指数[19-20]；贾志新[21]研究表明，饲粮中添加不同水平的丁酸梭菌可显著提高 21 日龄肉鸭的胸腺指数和脾脏指数；吕鑫[22]研究表明，益生菌和黄芪多糖的互作可以提高海兰褐蛋鸡的免疫器官指数；赵云焕等[23]研究表明，益生菌和黄芪多糖的互作可以显著提高固始鸡的免疫器官指数；邹知明等[15]研究表明，黄芪多糖和益生菌的互作可以维持肠道健康，不仅能显著抑制肠道大肠杆菌的数量，还能增加乳酸杆菌的数量。本试验结果表明，在试验第 28 天，V组胸腺指数和脾脏指数显著高于I组和II组，而法氏囊指数与其余各组差异并不显著，但V组的法氏囊指数也均高于其他各组，这说明饲粮中添加黄芪多糖-丁酸梭菌复合剂对免疫器官的生长起到促进的作用，这也许是黄芪多糖进入动物肠道内调节了微生物生存的环境，与丁酸梭菌互作使得有益菌大量繁殖，有害菌的数量大幅度降低，进而使得有益菌的代谢物在肠道内产生氨基酸、有机酸、维生素等营养物质[24]，进而促进免疫器官的生长，试验说明了黄芪多糖-丁酸梭菌复合剂能有效促进蛋雏鸭免疫器官的生长。

3.3　黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭血清和肝脏抗氧化指标的影响

GSH-Px 在畜禽内的主要作用是减轻有机氨过氧化物对机体的损害、消除脂类氨过氧化物以及同超氧化物歧化酶（SOD）一起共同保护机体细胞的健康[25-26]。畜禽体内的 MDA 含量越高，说明过氧化反应越强烈，也反映出了机体细胞受损伤程度越大。孙波等[27]和陶浩[28]都研究发现，黄芪多糖具有增强免疫和抗氧化的功能。左兆云等[29]研究表明，在蛋鸡饲粮中添加 100～300 mg/kg 黄芪多糖可以使蛋黄中 SOD 活性升高，MDA 含量降低。郑嫩珠等[30]研究表明，饲粮中添加黄芪多糖可以使机体内 SOD、GSH-Px 活性和 T-AOC 升高，MDA 含量降低。贾志新[21]研究表明，饲粮中添加丁酸梭菌可以不同程度提高樱桃谷肉鸭血清中抗氧化指标，提高机体的抗氧化能力。本试验结果表明，在试验第 28 天，试验组血清和肝脏中的 T-AOC 及 T-SOD、GSH-Px 活性均高于对照组和抗生素组，且V组均最高，说明黄芪多糖和丁酸梭菌复合添加较单一添加更能提高机体的抗氧化能力；试验组血清和肝脏中的 MDA 含量均低于对照组和抗生素组，且添加丁酸梭菌组降低 MDA 含量的能力较强，也许是丁酸梭菌在肠道内定值，破坏了机体内的氧化反应所需要的物质，使得机体的抗氧化能力增强。

3.4　黄芪多糖和丁酸梭菌对蛋雏鸭肠道形态的影响

小肠是畜禽吸收营养物质的主要场所，肠绒毛的高度变高和隐窝深度变浅都会增加机体肠道对营养物质的消化吸收，从而提升动物的生长性能。而小肠绒毛高度/隐窝深度值也可以用来反映小肠的吸收功能，其比值越高，表示肠绒毛对营养物质的吸收越强。陶浩[28]研究发现，饲粮中添加黄芪多糖可以提高肉仔鸡十二指肠的绒毛高度，降低隐窝深度；赵熙等[31]研究发现，丁酸梭菌活菌制剂可以促进肠道有益菌增殖，抑制有害菌增殖；邹知明等[15]研究表明，黄芪多糖和益生菌互作可以有效增加肠绒毛的长度和宽度。本试验结果表明，黄芪多糖和丁酸梭菌复合添加相较于单独添加能更有效地降低蛋雏鸭十二指肠、空肠和回肠的隐窝深度，提高了空肠和回肠的绒毛高度/隐窝深度值，也在一定程度上提高了十二指肠、空肠、回肠的绒毛高度以及十二指肠的绒毛高度/隐窝深度值，这可能是黄芪多糖和丁酸梭菌互作

使肠道内的有益菌数量增多，有害菌数量减少，而丁酸梭菌的主要代谢产物又是丁酸，对肠道上皮细胞的组织和再生起着很大的作用，所以两者互作改善了肠道的形态。

4 结 论

饲粮中添加黄芪多糖和丁酸梭菌复合剂可以提高蛋雏鸭的免疫性能和抗氧化性能，并且可以改善肠道的形态，黄芪多糖和丁酸梭菌复合剂组效果优于单一制剂组、抗生素组和对照组。

参考文献：

[1] 辛娜,刁其玉,张乃锋.芽孢杆菌在动物营养与饲料中的应用[J].中国饲料,2010(14):26–29.

[2] 王润之,黄艳群,陈文,等.酪酸菌在家禽生产中的应用[J].饲料研究,2010(6):22–23.

[3] 郑璇,郑育洪.国内外超级细菌的研究进展及防控措施[J].中国畜牧兽医文摘,2012(1):69–75.

[4] 柳志余.黄芪多糖对珍珠鸡生长性能、免疫功能和血液指标的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2013(7):130–132.

[5] CHEN H L,LI D F,CHANG B Y,et al.Effects of Chinese herbal polysaccharides on the immunity and growth performance of young broilers[J].Poultry Science,2003,82(3):364–370.

[6] 肖娅楠.黄芪多糖及其在肉仔鸡生产中的应用[J].山东畜牧兽医,2013(4):81–82.

[7] NEWBOLD C J,WALLACE R J,MCLNTOSH F M.Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants[J].British Journal of Nutrition,1996,76(2):249–261.

[8] 刘阳,启航,闫晓梅.中药黄芪有效成分对益生菌的促生作用[J].大连轻工业学院学报,2005,24(3):192–194.

[9] 岑路,陈蕾,张小利,等.益生菌和黄芪多糖临床改善仔猪生长性能的研究[J].中国畜牧兽医,2009,36(12):17–19.

[10] 易力,倪学勤, 潘康成,等.微生态制剂对仔鸡生产性能和免疫功能的影响[J].中国家禽,2004,26(23):10-13.

[11] LIN J,KANG H,LIANG J,et al.CpG oligonucleotides and *Astragalus* polysaccharides are effective adjuvants in cultures of avian bone-marrow-derived dendritic cells[J].British Poultry Science,2015,56(1):30–38.

[12] 王海凤,郭兵.黄芪多糖对肉仔鸡十二指肠黏膜的免疫调节作用[J].动物营养学报,2015,27(5):1534–1539.

[13] YANG C M,CAO G T,FERKET P R,et al.Effects of probiotic,*Clostridium butyricum*,on growth performance,immune function,and cecal microflora in broiler chickens[J].Poultry Science,2012,91(9):2121–2129.

[14] 郑有秀,王超,邹晓庭,等.酸梭菌对断奶仔猪生长性能、肠道结构和免疫功能的影响[J].动物营养学报,2018,30(7):2683-2689.

[15] 邹知明,梁龙华,崔涵,等.功能性氨基酸与黄芪多糖、益生素的互作对仔猪肠道微生态环境和肠道健康的影响[J].饲料工业,2016,37(21):35–39.

[16] 黄克宏,游纯波,周学光,等.苏氨酸和黄芪多糖、益生素的互作对仔猪免疫机能的影响及其机理研究[J].黑龙江畜牧兽医,2015(23):122–125.

[17] 王虹玲,刘丹丹,姜诗文,等.复合微生态制剂与黄芪多糖对肉鸡生长性能、肠道菌群和免疫功能的影响[J].饲料工业,2014,35(6):10–14.

[18] 林显华,孙合美,谷巍,等.枯草芽孢杆菌 B7 对肉鸡生长性能及免疫性能的影响[J].中国畜牧兽医,2013,40(2):91–95.

[19] 苏兰利,王思敏,姜雨桦,等.黄芪多糖浸泡种蛋对雏鸡免疫器官抗氧化性能的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2014(11):157–159.

[20] 王俊丽,章世元,徐春燕,等.黄芪多糖对肉仔鸡生产性能和部分免疫指标的影响[J].中国

饲料,2010(7):18–21.

[21] 贾志新.丁酸梭菌对樱桃谷肉鸭生长性能、免疫和抗氧化功能及肠道食糜 VFA 含量的影响[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2014.

[22] 吕鑫.黄芪多糖和益生菌对海兰褐蛋鸡生产性能和免疫功能的影响[J].饲料博览,2014(12):24–28.

[23] 赵云焕,李迎晓,焦凤超,等.黄芪多糖、益生菌对固始鸡生产性能和免疫效果的影响[J].江苏农业科学,2012,40(9):202–203.

[24] 杨维军,王华,杨坚.益生菌的功效及其在食品中的应用[J].四川食品与发酵,2005,41(1):27–30.

[25] 马森.谷胱甘肽过氧化物酶和谷胱甘肽转硫酶研究进展[J].动物医学进展,2008,29(10):53–56.

[26] 王咏梅.自由基与谷胱甘肽过氧化物酶[J].解放军药学学报,2005,21(5):369–371.

[27] 孙波,陈静,刘江,等.饲料中添加黄芪多糖对肉鸡肠道菌群及免疫器官指数的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2014(13):86–88.

[28] 陶浩.黄芪多糖对肉仔鸡肠道发育及抗氧化能力的影响[D].硕士学位论文.长春:吉林农业大学,2012.

[29] 左兆云,杨维仁,杨在宾,等.日粮添加黄芪多糖对蛋鸡机体抗氧化能力和鸡蛋品质的影响[J].中国兽医学报,2012,32(1):130–134.

[30] 郑嫩珠,李丽,辛清武,等.酵母硒、黄芪多糖及其复合剂对半番鸭生长性能、肉品质和抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2016,28(12):3856–3866.

[31] 赵熙,冉陆,杨宝兰,等.丁酸梭菌活菌制剂对肠道菌群影响的研究[J].中国微生态学杂志,1999,11(6):332–333.

Effects of *Astragalus Polysaccharides* and *Clostridium Butyricum* on Immune Function, Antioxidant Ability and Intestinal Morphology of Egg Ducklings

ZHAO Wenwen[1,2] YUAN Wenhua[1,2] SHEN Junda[2] YUAN Huikun[1] WANG Yuan[1] LI Guoqin[2,3] LU Lizhi[2,3*] DIAO Xinping[1*]

(1. *College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin* 150030, *China*; 2. *Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou* 310000, *China*; 3. *Key Laboratory of Information Traceability for Agricultural Products, Ministry of Agriculture of China, Hangzhou* 301121, *China*)

Abstract: This experiment was designed to investigate the effects of *Astragalus polysaccharides*, *Clostridium butyricum* and their compound agent on immune function, antioxidant ability and intestinal morphology of egg ducklings. A total of 600 one-day-old healthy *Shaoxing* male ducklings were randomly assigned to 5 groups with 6 replicates per group and 20 ducklings per replicate. Ducklings in the group Ⅰ (control group) were fed a basis diet, while others in groups Ⅱ to Ⅴ were fed the basis diet supplemented with 40 mg/kg *Bacitracin* (antibiotic group), 800 mg/kg *Astragalus polysaccharides*, 250 mg/kg *Clostridium butyricum* and 800 mg/kg *Astragalus polysaccharides* + 250 mg/kg *Clostridium butyricum*, respectively. The experiment lasted for 28 days. The results showed as follows: 1) the serum immunoglobulin A (IgA) content in group Ⅴ was significantly higher than that groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅳ (P<0.05). The contents of immunoglobulin G (IgG), complement 3 (C3) and complement 4 (C4) in serum in group Ⅴ were higher than those in other groups (P>0.05). 2) The thymus index and spleen index in group Ⅴ were significantly higher than those in groups Ⅰ and Ⅱ (P<0.05), the bursa of Fabricius index in group Ⅴ had no significant different compared with other groups (P>0.05). 3) The total antioxidant

capacity (T-AOC) in serum and liver in groups Ⅲ, Ⅳ and Ⅴ was significantly higher than that in group Ⅰ (P<0.05), and the activities of total superoxide dismutase (T-SOD), and glutathione peroxidase (GSH-Px) in serum and liver in groups Ⅲ, Ⅳ and Ⅴ were significantly higher than those in groups Ⅰ and Ⅱ (P<0.05), the content of malondialdehyde (MDA) in serum and liver in group Ⅳ was significantly lower than that in group Ⅰ (P<0.05). 4) The crypt depth in duodenum, jejunum and ileum in group Ⅴ was significantly lower than that in groups I and II (P<0.05), the villous height to crypt depth value in jejunum and ileum was significantly higher than that in groups Ⅰ and Ⅱ (P<0.05). .It is concluded that the addition of *Astragalus polysaccharides* and *Clostridium butyricum* in diets can improve the immune function and antioxidant ability of egg duckling, which is better than the single addition of *Astragalus polysaccharides* or *Clostridium butyricum*, and improve intestinal villus morphology.

Key words: *Astragalus polysaccharides*; *Clostridium butyricum*; immunity; antioxidant ability; intestinal morphology

---

*Corresponding authors: LU Lizhi, professor, E-mail: lulizhibox@163.com, DIAO Xinping, associate professor, E-mail: diaoxp63@163.com （责任编辑　武海龙）